
Herausforderungen des systemischen Ansatzes in der Bioökonomie

5

Rolf Meyer und Carmen Priefer

Zusammenfassung

In verschiedenen Bioökonomie-Strategien wird ein systemischer Ansatz für die Entwicklung und Untersuchung der Bioökonomie gefordert, was angesichts der vielfältigen Zusammenhänge und Aspekte eine Herausforderung darstellt. Zielsetzung dieses Beitrages ist, wesentliche Aspekte der komplexen Zusammenhänge in der Bioökonomie herauszuarbeiten, die für den systemischen Ansatz konstitutionell sind. Diese Aspekte sind: vielfältige Verwendungsmöglichkeiten von Biomasse, offene Wertschöpfungsketten, multidimensionale Akteursmatrix, fragmentierte Diskurse, multisektorale und Mehrebenen Governance sowie das Auftreten von Wechselwirkungen und Rückkopplungen. Der Beitrag kommt zu dem Schluss, dass der systemische Ansatz in der Bioökonomie stärker im Bewusstsein der Grenzen und Schwierigkeiten, die mit ihm verbunden sind, weiter verfolgt werden sollte. In der Bioökonomie-Politik ergibt sich die Notwendigkeit, die Lern- und Korrekturfähigkeit zu stärken.

R. Meyer (✉)

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS),
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe, Deutschland
E-Mail: rolf.meyer@kit.edu

C. Priefer

Institut für Ernährungsverhalten, Max-Rubner-Institut, Karlsruhe, Deutschland
E-Mail: Carmen.Priefer@gmx.de

Schlüsselwörter

Bioökonomie · Systemischer Ansatz · Akteure · Diskurse · Governance · Wertschöpfungsketten

5.1 Einleitung

Der systemische Ansatz wird als Leitprinzip in der Bioökonomie-Strategie der EU gefordert und insbesondere in den deutschen Bioökonomie-Strategien stark betont. Dieser wird als eine wichtige Voraussetzung betrachtet, um die gewünschte Nachhaltigkeit in der Bioökonomie zu erreichen. Die geforderte systemische Betrachtung ist allerdings wenig konkretisiert. Es werden einzelne Elemente benannt, aber ein Gesamtverständnis fehlt bisher. Zielsetzung dieses Beitrages ist, wichtige Elemente eines systemischen Ansatzes sowie die damit verbundenen Herausforderungen herauszuarbeiten. Dabei wird auf die europäische und deutsche Diskussion eingegangen. Die Analyse erfolgt an einigen Stellen mit Bezug auf die Beispiele „Nachhaltige Wertschöpfungsketten für Biogas in Baden-Württemberg“, „Lignozellulose als Ressource für neue Materialien“ und „Mikroalgen als neue Quelle für Nahrungs- und Futtermittel“, die im Rahmen des baden-württembergischen Forschungsprogramms Bioökonomie näher untersucht wurden und drei in ihrem Charakter unterschiedliche Anwendungsfelder der Bioökonomie darstellen.

Zunächst wird aufgezeigt, in welchem Kontext ein systematischer Ansatz in europäischen Bioökonomie-Strategien gefordert wird, und welche Zielsetzungen damit verbunden werden. Anschließend wird analysiert, welche wichtigen Aspekte die Komplexität der Bioökonomie kennzeichnen und in einen systemaren Ansatz zu integrieren sind. Diskutiert werden die vielfältigen Verwendungsmöglichkeiten von Biomasse, die Offenheit vieler Wertschöpfungsketten, die multidimensionale Akteursmatrix, die fragmentierten Diskurse, die multisektorale und Mehrebenen Governance sowie die Bedeutung von Wechselwirkungen und Rückkopplungen. Aus dieser Analyse werden abschließend Schlussfolgerungen zur Realisierbarkeit systemischer Ansätze und zur Gestaltung der Bioökonomie-Politik gezogen.

5.2 Der systemische Ansatz in europäischen Bioökonomie-Strategien

Ursprünglich ausgehend von einer Biotechnologie-zentrierten Vision der Bioökonomie, hat zwischen den Jahren 2000 und 2010 in der EU und Deutschland in einem längeren Prozess eine Entwicklung hin zu Bioökonomie-Strategien stattgefunden, die den Wandel von einer erdöl-basierten zu einer bio-basierten Wirtschaft und die Bewältigung großer globaler Herausforderungen wie Klimawandel, Ernährungssicherung und Unabhängigkeit von fossilen Rohstoffen in den Mittelpunkt stellen (Meyer 2017). In die Bioökonomie werden in Folge dieses veränderten Fokus alle Wirtschaftssektoren einbezogen, die in die Erzeugung und Nutzung von biologischen Ressourcen involviert sind. Damit verbunden ist, dass ein systemischer beziehungsweise ganzheitlicher Ansatz eine verbreitete Vorstellung beziehungsweise Zielsetzung in Bioökonomie-Strategien darstellt, insbesondere in den Strategien der EU, Deutschlands und Baden-Württembergs (Meyer und Priefer 2018, S. 55).

Zum ersten soll sich die Bioökonomie selbst in einer systemischen Weise entwickeln. Eine zentrale Rolle soll dabei das Denken in Wertschöpfungsketten einnehmen. Im deutschen Kontext ist die Zielsetzung, integrierte, systemische und innovative Lösungswege mit Blick auf die gesamten Wertschöpfungsbeziehungsweise Prozessketten zu entwickeln, um die Möglichkeiten und Potenziale der Bioökonomie optimal auszuschöpfen (BMBF 2010, S. 13; BMEL 2014, S. 27). Einen etwas anderen Akzent setzte die EU-Kommission, die in der Bioökonomie-Strategie von 2012 die Bedeutung der Wissensbasis und eines Spektrums von Technologien entlang der gesamten Wertschöpfungskette betonte (EC 2012, S. 6). Im Update der EU-Bioökonomie-Strategie von 2018 ist vorgesehen, dass die EU-Kommission die Entwicklung der Bioökonomie auf lokaler Ebene mit einem systemischen Ansatz fördern will (EC 2018, S. 12).

Zum zweiten soll die Bioökonomieforschung eine systemische Struktur aufweisen. Anstelle der noch immer weitgehend disziplinär orientierten Forschungslandschaft erfordere die Bioökonomie, die ein breites Spektrum an Themenfeldern umfasst, eine Gesamtbetrachtung und Vernetzung aller Bereiche und Akteure (Bioökonomierat 2009, S. 14). In Kooperationen und Netzwerken soll zusammengearbeitet werden, um Wissen ganzheitlich (systemisch) zu integrieren und in Innovationen zu überführen (BMBF 2010, S. 6). Deshalb ist eine interdisziplinäre Ausrichtung der bioökonomischen Forschung ein breit geteilter Standpunkt (Bioökonomierat 2009, 2010; BMBF 2010; EC 2012;

Formas 2012; MIWF NRW o. J.; MWK BW 2013; The White House 2012). Ebenso stellt der Ausbau der internationalen Kooperationen in den meisten Strategien eine wichtige Orientierung dar. In Baden-Württemberg wird der systemische Charakter der Forschungsstrategie Bioökonomie zusätzlich durch übergreifend angelegte strukturelle Maßnahmen zur Vernetzung der Forschung umgesetzt (MWK BW 2013, S. 3).

Zum dritten wird eine systemische Forschung zu den Veränderungen und Auswirkungen der Bioökonomie im gesamten System gefordert. Es wird erwartet, dass sich die Bioökonomie vor allem über komplexe Substitutions- und Synergieeffekte im System entfalten wird, da nicht nur einzelne innovative Wertschöpfungsketten, sondern vor allem die Verknüpfung dieser Ketten im System einen wesentlichen Innovationsbeitrag leisten soll (Bioökonomierat 2010, S. 7, 19). Gleichzeitig droht angesichts eines steigenden Bedarfs an biologischen Ressourcen eine Verschärfung von Nutzungskonflikten, zum Beispiel zwischen der Nahrungsmittelproduktion, der Produktion bio-basierter Rohstoffe und Energieträger sowie dem Naturschutz. Dazu werden ganzheitliche Forschungsansätze beziehungsweise systemische Begleitforschung gefordert, die wirtschaftliche, ökologische und gesellschaftliche Belange – im Sinne des Leitbilds einer nachhaltigen Entwicklung – gleichermaßen berücksichtigen (BMBF 2010, S. 17, 40; MWK BW 2013, S. 4 f.), um frühzeitig mögliche Ziel- und Interessenkonflikte erkennen und moderieren zu können.

Im Folgenden wird diskutiert, welche Elemente unter einem systemischen Blickwinkel relevant für die Entwicklung der Bioökonomie sind und welche Problemstellungen sich für eine systemische Untersuchung der Veränderungen und Auswirkungen der Bioökonomie ergeben. Dabei wird insbesondere an den zuvor beschriebenen ersten und dritten Aspekt angeknüpft.

5.3 Aspekte eines systemischen Ansatzes in der Bioökonomie

Die Forderung nach systemischen Ansätzen ist konfrontiert mit einem begrenzten Verständnis, welche relevanten Zusammenhänge beziehungsweise Dimensionen zu berücksichtigen sind und welche Herausforderungen sich ergeben. Die Abb. 5.1 gibt einen Überblick über die wichtigsten Aspekte der Komplexität in der Bioökonomie, die im Folgenden diskutiert werden.



Abb. 5.1 Wichtige Herausforderungen systemischer Ansätze in der Bioökonomie. (Quelle: Eigene Darstellung)

5.3.1 Vielfältige Quellen und Verwendungsmöglichkeiten von Biomasse

Zunächst kann ein spezifischer Konversionspfad in der Bioökonomie fast immer auf verschiedenen Biomasse-Ressourcen basieren. Im Fall Biogas ist eine erste wichtige Unterscheidung die zwischen landwirtschaftlichen und abfallwirtschaftlichen Wertschöpfungsketten (Meyer und Priefer 2018, S. 209 ff.). Diese unterscheiden sich grundsätzlich im Hinblick auf eingesetzte Biomasse, technische Ausgestaltung der Biogasanlage, involvierte Akteure, rechtlichen Rahmen, Förderung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und Konkurrenzen zu alternativen Verwertungswegen. Landwirtschaftliche Biogas-Wertschöpfungsketten können beispielsweise auf einem breiten Spektrum von Biomassesubstraten beruhen. Mögliche Varianten sind der überwiegende Einsatz von Wirtschaftsdünger (insbesondere in Gülle-Kleinanlagen bis 75 KW mit

spezieller EEG-Einspeisevergütung), der ausschließliche Einsatz von Energiepflanzen (wobei potentiell viele landwirtschaftliche Kulturpflanzen, von Mais bis Kleegrassilage, infrage kommen) sowie der Einsatz eines Substratmixes (Energiepflanzen, Wirtschaftsdünger, Grassilage, organische Abfälle) in unterschiedlicher Zusammensetzung (Meyer und Priefer 2018, S. 213). Allerdings hat sich hier gezeigt, dass sich aufgrund ökonomischer Vorteilhaftigkeit – bedingt durch die EEG-Förderbedingungen und agrarwirtschaftliche Gegebenheiten – in der Vergangenheit eine starke Konzentration auf den Energiemais herausgebildet hat (DBFZ 2015, S. 24 ff.). Mit einer veränderten Regulierung, der Einführung eines sogenannten „Maisdeckels“, ist darauf reagiert worden (Herbes et al. 2014).

Ebenso kann im Falle innovativer Lignozellulose-Wertschöpfungsketten mittels Bioraffinerie die Lignozellulose-haltige Biomasse aus sehr verschiedenen Quellen stammen (Meyer und Priefer 2018, S. 215):

- Landwirtschaftliche Anbaubiomasse (z. B. Kurzumtriebsplantage, Miscanthus)
- Landwirtschaftliche Reststoffe (z. B. Stroh, Maisspindeln)
- Forstwirtschaftliches Holz (z. B. Stamm- und Industrieholz, Plantagenholz)
- Forstwirtschaftliche Reststoffe (z. B. Waldrestholz)
- Landschaftspflegeholz
- Biogene Reststoffe aus der Holzindustrie (z. B. Sägenebenprodukte, Reststoffe aus der Holzverarbeitenden Industrie)
- Andere industrielle biogene Reststoffe (z. B. Reststoffe aus der Papierherstellung)
- Biogene Abfallstoffe (z. B. Altholz, Grünabfälle).

Welche Biomassequellen sich zukünftig bei innovativen Lignozellulose-Wertschöpfungsketten durchsetzen werden, ist derzeit noch offen. Potentiell könnten neue Verknüpfungen zwischen Land- und Forstwirtschaft entstehen. Auf betrieblicher Ebene besteht traditionell eine Verbindung, insofern landwirtschaftliche Betriebe Waldbesitz haben. Dies gibt es in erheblichen Umfang in Österreich und Schweden, aber auch im Südwesten Deutschlands, besonders im Schwarzwald. Mit der Realisierung innovativer Wertschöpfungsketten kann es zukünftig dazu kommen, dass Land- und Forstwirtschaft auch auf der Marktebene verknüpft werden, indem sie um Absatzmärkte für Lignozellulose-Biomasse konkurrieren. In der Folge könnten Rückwirkungen auf die Entwicklung der beiden Sektoren eintreten, die bisher nicht diskutiert wurden.

Gleichzeitig kann eine spezifische Biomasse-Ressource in der Regel für verschiedene Konversionspfade und Wertschöpfungsketten genutzt werden. Beispielsweise können aus Körnermais Maismehlprodukte für eine Verwendung in Lebensmitteln, Bioethanol als Biokraftstoff oder bio-basierte Kunststoffe über einen Bioraffinerie-Prozess hergestellt werden. Gerade Lignozellulose-Biomasse kann vielfältig genutzt werden, von energetischen Verwendungen über verschiedene traditionelle Holznutzungen bis hin zu neuen Konversionswegen für innovative bio-basierte Produkte. Welche Verwendungen der Biomasse sich auf der Ebene der Konversion durchsetzen, wird neben technisch-ökonomischen Faktoren durch komplexe Akteursnetzwerke, institutionelle Strukturen, Förderbedingungen und den breiteren gesellschaftlichen Kontext bestimmt (Meyer und Priefer 2018, S. 235 ff.).

Noch komplexer wird es, wenn die möglichen Orte, räumlichen Verknüpfungen und Skalen neuer bio-basierter Wertschöpfungsketten berücksichtigt werden. Aus dem Spektrum möglicher Kombinationen stellt die Möglichkeit zentraler oder dezentraler Biomassekonversion eine wichtige Alternative dar. Deutliche Skaleneffekte bestehen sowohl bei den Konversionstechnologien für Lignozellulose und Biogas als auch bei Mikroalgen. Dies gilt ausgeprägt bei der Synthesegas-Bioraffinerie (Bundesregierung 2012, S. 92), aber auch bei Biogasanlagen nehmen die Gestehungskosten pro kWh mit zunehmender Anlagegröße ab (Blumenstein et al. 2016). Bei der Mikroalgen-Kultivierung reduzieren sich nach Modellkalkulationen die Produktionskosten pro Einheit Mikroalgen-Biomasse von einer 1 ha Anlage zu einer 100 ha Anlage um den Faktor 3 bis 4 (Spruijt et al. 2014, S. 38 f.). Mit der Anlagenkapazität von Biogas- und Lignozellulose-Konversionsanlagen steigt entsprechend der Biomassebedarf, die notwendige Anbau- beziehungsweise Gewinnungsfläche für die Biomasse sowie der Transportaufwand. Im Fall der Mikroalgen-Kultivierung werden mit zunehmender Anlagengröße zumindest im dichtbesiedelten Deutschland weniger Standorte verfügbar sein, die geeignet sind und in der Bevölkerung Akzeptanz finden (Skarka 2015).

Schließlich konkurriert eine inländische Konversion mit internationalen Konversionsstandorten. Wichtige Einflussgrößen sind hier die verfügbaren Biomassepotentiale und die Biomasseproduktionskosten verschiedener Standorte sowie die jeweils bestehenden Fördermaßnahmen, rechtlichen Rahmenbedingungen (z. B. umweltrechtliche Regelungen) und der bestehende Außenschutz für bio-basierte Produkte (z. B. Importzölle wie für Bioethanol).

Insgesamt ergeben sich somit vielfältige Kombinationsmöglichkeiten und Konkurrenzbeziehungen, die durch zahlreiche ökologische, ökonomische, soziale, politische und rechtliche Faktoren beeinflusst werden. Es gibt zwar viele Potentialabschätzungen und Szenarienstudien zur Biomassebereitstellung und -verwendung. Diese sind in ihrer Aussagekraft jedoch limitiert, beispielsweise im Hinblick auf die berücksichtigten Biomassearten und den untersuchten räumlichen Bereich. Kritische Punkte bei der Analyse von Biomasseverfügbarkeit und möglichen Verwendungswegen sind insbesondere: Wahl der Systemgrenzen, Einbezug von relevanten Einflussfaktoren jenseits technisch-ökonomischer Größen sowie eine angemessene Berücksichtigung der Veränderungsdynamik von Rahmenbedingungen.

5.3.2 Offene Wertschöpfungsketten

Im Gegensatz zu den etablierten Biogas-Wertschöpfungsketten befindet sich die Technikentwicklung im Forschungsfeld zur Entwicklung innovativer Nutzungsmöglichkeiten von Lignozellulose noch größtenteils im Labor- und Demonstrationsstadium und vollständige Wertschöpfungsketten sind in der Regel noch nicht realisiert. Bisher konzentriert sich die Bioökonomie-Forschung hier auf Konversionstechnologien und -pfade. Deshalb stellt sich die Frage, welche Wertschöpfungsketten sich an die ersten Konversionsschritte anschließen könnten.

Beim Drop-In-Ansatz sollen die bio-basierten Basischemikalien auf der Basis von Lignozellulose die analogen fossilen Basischemikalien beziehungsweise fossile Basischemikalien mit vergleichbaren Eigenschaften ersetzen, sodass die existierenden Wertschöpfungsketten und -netzwerke der chemischen Industrie unverändert weiter genutzt werden können (Kovacs 2015, S. 62). Mit bio-basierten Drop-In-Chemikalien sind potentiell große Marktvolumen realisierbar, wenn sie wirtschaftlich konkurrenzfähig gegenüber den zu ersetzenden fossilen Basischemikalien werden (Philp 2015). Durch die komplexe Struktur der chemischen Industrie kann aus bio-basierten Grundchemikalien potentiell eine große Anzahl von Wertschöpfungsketten mit vielfältigen Endprodukten resultieren. Häufig werden beim gegenwärtigen Stand der Bioraffinerie-Forschung und -Entwicklung nur allgemeine Produktkategorien wie Biokunststoffe und Biotenside als Zielprodukte genannt. Analoges gilt für stoffliche Nutzungen von Biogas.

Die Alternative der innovativen bio-basierten Wertschöpfungsketten soll zu bio-basierten Spezialchemikalien mit neuen Eigenschaften für spezielle Anwendungen führen und die komplexen Strukturen der Biomasse besser nutzen

(Kovacs 2015, S. 62). Vorteile dieses Ansatzes sind höhere erzielbare Produktpreise, was allerdings auch den Aufbau neuer Prozessketten und Produktionskapazitäten sowie eine Markterschließung über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg erfordert. Auch hier sind prinzipiell eine große Zahl von Stoffen, Produkten und Anwendungsbereichen erschließbar.

Beschreibungen und Bewertungen der Wertschöpfungs- beziehungsweise Prozessketten der Lignozellulosenutzung in Bioraffinerien enden in der Regel mit den Intermediaten beziehungsweise Basischemikalien (z. B. Haase 2012; Michels 2014). Ökologische Bewertungen von bio-basierten Endprodukten fehlen verständlicher Weise noch weitgehend.

Die Erwartungen der Konsumenten an bio-basierte Produkte und ihre möglichen Kaufentscheidungen sind zentrale Größen für den Markterfolg von Endprodukten und die Etablierung von Wertschöpfungsketten. Bisher sind bio-basierte Produkte und deren Eigenschaften in privaten Haushalten (Sijtsema et al. 2016), aber auch in der Industrie noch weitestgehend unbekannt und wesentliche Einflussgrößen für Kaufentscheidungen bislang nicht ausreichend untersucht. Weiterhin ist unklar, inwieweit die Nachfrage nach neuen bio-basierten Produkten eine Substitution fossiler Produkte oder eine zusätzliche Nachfrage darstellen wird.

Beim gegenwärtigen Stand der Entwicklung ist schwierig abzuschätzen, welche Wertschöpfungsketten zukünftig realisiert werden. Damit stellt die weitere Gestaltung der Wertschöpfungsketten bei Bioraffinerien auf der Basis von Lignozellulose und bei einer stofflichen Nutzung von Biogas ein noch offenes und unbestimmtes Feld dar. Daraus resultieren zwangsläufig Unsicherheiten bei der Folgenabschätzung.

5.3.3 Multidimensionale Akteursmatrix

Die Akteure der Bioökonomie sind äußerst vielfältig. Sie bilden eine multidimensionale Akteursmatrix, die sich zusammensetzt aus (Meyer und Priefer 2018, S. 163 ff.):

- Akteuren der verschiedenen Stufen der Wertschöpfungsketten: Von den Biomasseproduzenten über Konversion und Verarbeitung sowie den Herstellern von Endprodukten bis hin zu Konsumenten und Entsorgern beziehungsweise Recyclern;

- Akteuren verschiedener räumlicher Ebenen: Von lokal beziehungsweise regional bis zu global agierenden Akteuren;
- Akteuren der verschiedenen gesellschaftlichen Funktionsbereiche: Bioökonomie-Engagierte aus Forschung und Entwicklung, Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft;
- Akteuren der traditionellen und innovativen Bioökonomie: Beteiligte in den etablierten Wertschöpfungsketten und Akteure, die innovative Ansätze der Bioökonomie entwickeln und umsetzen;
- Akteuren mit verschiedenen Visionen und präferierten Umsetzungspfaden der Bioökonomie: Verantwortliche und Unterstützer der offiziellen Bioökonomie-Strategien versus Vertreter einer alternativen, sozialökologisch-orientierten Vision (vgl. Abschn. 5.3.4).

Auf jeden Akteur entfallen potentiell mehrere dieser Zuordnungen. Innerhalb dieser komplexen Akteursmatrix gibt es verschiedene spezifische Vernetzungen, Kooperationen und Interessenkoalitionen, aber auch Konfliktpotentiale. Diese sind nicht als starr zu verstehen, sondern in der Zeit dynamischen Veränderungen unterworfen. Solche Dynamiken sind bisher insbesondere im Kontext der deutschen Biokraftstoffpolitik aufgetreten (Beneking 2011; Kaup und Selbmann 2013). Die Kritik an der Förderung von Biokraftstoffen konzentriert sich auf ökologische Argumente wie Landnutzungsänderungen, Intensivierung der Landwirtschaft und geringe Reduktion der Klimagasemissionen sowie soziale Argumente wie Land Grabbing und Nachteile für Kleinbauern. Diese Argumente und Positionierungen beziehungsweise Diskurs- und Akteurskoalitionen können auch für zukünftige Diskurse um neue Entwicklungen in der Bioökonomie relevant sein.

Die Akteure der Lebensmittelkette sowie der Holzwirtschaft sind in Baden-Württemberg (Meyer und Priefer 2018, S. 124 ff.) ebenso wie in Deutschland (Efken et al. 2016) und Europa (Scarlat et al. 2015) nach wie vor die dominierenden Akteure der Bioökonomie, im Hinblick auf Anzahl der Unternehmen und der unterstützenden Akteure, der wirtschaftlichen Bedeutung und etablierten Vernetzungen. Biomasseproduktion und -verarbeitung in diesen Bereichen sind durch einen kontinuierlichen Strukturwandel hin zu größeren Einheiten gekennzeichnet. Insbesondere die Landwirtschaft und mittelständische Nahrungsmittelverarbeiter sind zwischen den vorgelagerten Bereichen der landwirtschaftlichen Produktionsmittelhersteller und dem Einzelhandel am Ende der Lebensmittelkette, die beide eine hohe Unternehmenskonzentration aufweisen, „eingezwängt“. Als Gegenbewegung haben in den letzten Jahren regionale Lebensmittel und die Direktvermarktung an Bedeutung gewonnen, allerdings bei

weiterhin geringen Marktanteilen trotz großer gesellschaftlicher Aufmerksamkeit. Daneben ist gerade im Nahrungsmittelbereich auch zukünftig von erheblichem Konfliktpotential, wie beispielsweise um Fragen des Tierwohls bei tierischen Lebensmitteln oder Umweltverträglichkeit der Agrarproduktion, auszugehen.

Die Entwicklung und Markteinführung neuer Technologien und Wertschöpfungsketten in der Bioökonomie erfolgt sowohl durch neue Akteure (z. B. Start-ups) und Umstrukturierungen in mittelständischen Unternehmen als auch durch multinationale Unternehmen (Meyer und Priefer 2018, S. 167). Die bisherigen Erfahrungen bei innovativer Biotechnologie für medizinische Anwendungen zeigen, dass oftmals erfolgreiche Start-ups von großen Konzernen übernommen wurden und der Prozess der Unternehmenskonzentration durch Übernahmen und Fusionen zwischen multinationalen Unternehmen eher verstärkt wurde. Ebenso hat die Einführung von Biokraftstoffen nicht zu einer grundlegenden Veränderung der Unternehmensstrukturen im Kraftstoffsektor geführt. Für zukünftige innovative bio-basierte Wertschöpfungsketten ist es deshalb wahrscheinlich, dass trotz zunächst teilweise neuer und vielfältiger Akteure bei Erreichen von Marktrelevanz wiederum Konzentrationsprozesse und Übernahmen stattfinden.

Insgesamt kann eine konfliktfreie Bioökonomie-Entwicklung nicht erwartet werden. Potentielle Konflikte können auftreten innerhalb von Wertschöpfungsketten, zwischen traditioneller und innovativer Bioökonomie, zwischen verschiedenen innovativen Wertschöpfungsketten, zwischen Akteuren verschiedener räumlicher Ebenen, mit der Bevölkerung vor Ort sowie zwischen ökonomischen Akteuren und Zivilgesellschaft und sind noch nicht ausreichend untersucht (Meyer und Priefer 2018, S. 169 ff.). Partizipationsansätze sollen dazu beitragen, solche Konflikte zu moderieren und möglichst abzumildern. Viele Partizipationsaktivitäten konzentrieren sich bisher auf Stakeholder, die an Bioökonomie-Aktivitäten interessiert oder in diesem Feld bereits aktiv involviert sind. Indirekt und längerfristig betroffene Akteure sowie Vertreter der Zivilgesellschaft sind bisher sehr unzureichend in die Dialoge zur Bioökonomie einbezogen worden. Ausweitung und Verstetigung von Partizipation sowie transdisziplinäre Forschung könnten dazu beitragen, gesellschaftliche Unterstützung zu fördern und Konflikte zu vermeiden.

5.3.4 Fragmentierte Diskurse

In Wissenschaft und Gesellschaft werden konkurrierende Visionen, Leitbilder und Entwicklungspfade für die Bioökonomie diskutiert. Dem Technik-zentrierten Verständnis der offiziellen Bioökonomie-Strategien von Regierungen beziehungsweise

Ministerien und der EU-Kommission wird in wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskursen ein sozial-ökologischer Ansatz gegenüber gestellt (Priefer et al. 2017). Anstelle von Biotechnologie und/oder Konversionstechnologien für neue Wertschöpfungsketten wird in der sozial-ökologischen Vision der technische Fokus auf agrarökologische Techniken und Methoden wie Erhöhung der pflanzengenetischen Diversität, Verbesserung des Nährstoffrecyclings, Erhöhung der Biodiversität und verbesserte Gesundheit von Böden, Pflanzen und Tieren gelegt (Levidow et al. 2012a). Zielsetzung des sozial-ökologischen Ansatzes ist, den Einsatz externer Inputs zu minimieren und auf ökologische Mechanismen der Selbstregulierung zu setzen, im Gegensatz zu reinen Effizienzsteigerungen in den offiziellen Bioökonomie-Strategien. Nicht eine einheitliche Landnutzung, bei der Biomasse für verschiedene Zwecke produziert wird, sondern eine vielfältige Landnutzung, auch unter dem Konzept der Multifunktionalität gefasst, soll angestrebt werden (Shortall et al. 2015). Landwirte werden nicht nur als Produzenten von kommerziellen Rohstoffen, sondern auch als Erzeuger hochwertiger Lebensmittel und Manager von Ökosystemen gesehen. Damit wird gefordert, dass sich die Bioökonomie an der Bereitstellung von öffentlichen Gütern orientiert (Schmid et al. 2012). Diese sozial-ökologischen Ansätze in der landwirtschaftlichen Produktion sollen ergänzt und unterstützt werden durch nachhaltige Konsummuster, mit dem Ziel Ressourcenverbräuche und Umweltbelastungen zu reduzieren und Möglichkeitsräume für neue Nutzungen in der Bioökonomie zu schaffen. Dagegen spielen Fragen des nachhaltigen Konsums in den offiziellen Bioökonomie-Strategien kaum oder keine Rolle.

In der alternativen, sozial-ökologischen Vision der Bioökonomie wird die Bedeutung lokalen Wissens betont (Schmid et al. 2012). Die Wissensproduktion sollte auf den Kenntnissen von Landwirten, lokalen Gemeinschaften und wissenschaftlichen Erkenntnissen der Agrarökologie basieren. In diesem Zusammenhang werden soziale Innovationen als ein wichtiges Instrument zur Realisierung nachhaltiger Lösungen und Steigerung gesellschaftlicher Teilhabe an der Bioökonomie-Transformation gesehen. Die offiziellen Strategien legen den Schwerpunkt auf eine enge Zusammenarbeit von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik sowie internationale Kooperationen.

Insbesondere kurze Nahrungsmittelketten sowie lokal beziehungsweise regionale Netzwerke von Wertschöpfungsketten werden angestrebt. Wachstum im ländlichen Raum soll durch die Produktion von hochwertigen Lebensmitteln mit Herkunftsidentität erzielt werden (Bugge et al. 2016; Levidow et al. 2012b). In Ergänzung wird die energetische Nutzung von landwirtschaftlichen Rest- und Abfallstoffen in kleinen Konversionsanlagen von landwirtschaftlichen Betrieben favorisiert (Schmid et al. 2012; Shortall et al. 2015). Im Gegensatz dazu stehen

in den offiziellen Strategien eindeutig innovative stoffliche und energetische Nutzungen von Biomasse im Mittelpunkt.

Insgesamt besteht eine starke Asymmetrie in den gesellschaftlichen Debatten um die Bioökonomie (Meyer 2017): Die sozial-ökologische Vision stellt weitreichende Veränderungen in der Landwirtschaft in den Mittelpunkt, während die offiziellen Bioökonomie-Strategien eine Fortführung der gegenwärtigen Entwicklungsrichtung für diesen Sektor anstreben. Umgekehrt legen die offiziellen Strategien den Fokus auf neue Wertschöpfungsketten für innovative bio-basierte Produkte und Bioenergie, während die alternative Bioökonomie-Vision dem Sektor der bio-basierten Chemikalien und Produkte keine Priorität einräumt. Der vorherrschende Technik-zentrierte Ansatz vernachlässigt schließlich soziale Innovationen in diesem Feld (Meyer 2017).

Ohne direkten Bezug zur Bioökonomie-Diskussion finden parallel Diskurse mit hoher Relevanz für die Bioökonomie statt, wie zum Beispiel zur Zukunft der Landwirtschaft, zu nachhaltiger Ernährung oder Kreislaufwirtschaft. Ein aktuell intensiv diskutiertes Politikfeld, das unmittelbare Auswirkungen auf die Entwicklung der Bioökonomie haben könnte, ist die zukünftige Ausgestaltung der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU. Insbesondere die Fortführung und Gestaltung der flächengebundenen Direktzahlungen (vgl. Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik 2018) und der Agrarumweltprogramme (vgl. Wissenschaftlicher Beirat Biodiversität 2018) könnten die Umsetzbarkeit einer bio-basierten Wirtschaft und deren Ausrichtung an Umweltstandards wesentlich beeinflussen.

5.3.5 Multisektorale und Mehrebenen Governance

Auf politischer Ebene existieren zahlreiche Rahmenbedingungen, die die Entwicklung der bio-basierten Wirtschaft bereits heute stark beeinflussen. Dabei sind zahlreiche Politikfelder relevant: Forschungs- und Innovationspolitik, Energiepolitik, Stoff- und Chemiepolitik, Agrar- und Forstpolitik, Gentechnikpolitik, Abfall- und weitere Umweltpolitik, Ernährungspolitik sowie Bildungs- und Wissenschaftspolitik (vgl. detaillierte Analyse in Meyer und Priefer 2018). Dementsprechend werden in verschiedenen Bioökonomie-Strategien eine Koordination der Fachpolitiken und ein kohärenter Politikrahmen gefordert (z. B. BMEL 2014). Aber die Schwierigkeiten einer Abstimmung über die Fachministerien hinweg (OECD 2009) sowie die unabhängig voneinander verlaufenden Diskurse und Entscheidungen in den verschiedenen Sektoren beziehungsweise Politikfeldern stellen eine große Herausforderung dar. Sektorübergreifende Politiken in der Bioökonomie fehlen nach wie vor (EC 2014).

Hinzu kommt, dass die Governance der Bioökonomie auf mehrere Ebenen verteilt ist: In den meisten Politikfeldern reichen die Gestaltungskompetenzen von der europäischen über die nationale bis zur regionalen Ebene.

Unterstützende Politikgestaltung für den Aufbau der Bioökonomie besteht insbesondere mit der Förderung von Strom-, Wärme- und Kraftstofferzeugung aus Biomasse. Die Erneuerbare-Energie-Politik der EU setzt hier den Rahmen (Scarlat et al. 2015). Aktuelle Entwicklungen zeigen, dass in Deutschland die Rolle von Biomasse für die Stromerzeugung über das Erneuerbare-Energien-Gesetz abnehmend ist. Bei der Wärmeerzeugung spielt die Biomassenutzung über das nationale Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz und das baden-württembergische Erneuerbare-Wärme-Gesetz hingegen noch eine größere Rolle. So wurde beispielsweise durch Aufgabe der Solarthermie als Ankertechnologie im Rahmen der Novellierung der baden-württembergischen Bestimmungen die Möglichkeit der Nutzung einer Bandbreite von Wärmeoptionen eröffnet, darunter auch die Verfeuerung fester Biomasse (Landesregierung BW 2013).

Die über die Zeit erfolgten Novellierungen der Gesetze zeigen, dass Bedenken gegenüber nicht intendierten Umweltfolgen energetischer Nutzungspfade die allmähliche Reduktion des Einsatzes von pflanzlicher Primärbiomasse und die Einführung von Nachhaltigkeitsbestimmungen für den Biomasseeinsatz zur Folge hatten. Diskussionen bestehen zum Beispiel über die Biokraftstoffproduktion auf Basis von Nahrungs- und Futtermittelpflanzen, die zu indirekten Landnutzungsänderungen und damit in großem Umfang zur Freisetzung von Kohlenstoff sowie zur Nutzungskonkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion führen kann (z. B. WBGU 2009). Daraus leitet sich ein für die Bioökonomie zentraler Zielkonflikt zwischen der Schaffung günstiger Bedingungen für Biomasseanbau beziehungsweise –nutzung und den Ansprüchen an eine ökologische Ausrichtung der Biomasseproduktion ab, der auch im Zentrum der Debatte um die zukünftige Gestaltung der europäischen Agrarpolitik steht. Um diesem Dilemma zu entgehen, wird in den entsprechenden gesetzlichen Bestimmungen vermehrt auf den Einsatz von Abfällen und Reststoffen aus Land- und Forstwirtschaft gesetzt. Jedoch sind die vorhandenen Potenziale dieser Einsatzstoffe begrenzt (Brosowski et al. 2016) und deren Nutzung führt zu Interessenskonflikten mit bereits etablierten Verwertungspfaden oder dem Naturschutz.

Die stoffliche Nutzung von Biomasse stellt ein Feld mit großem Innovationspotenzial dar, das im Fokus der offiziellen Bioökonomie-Strategien steht. Untersuchungen der ökologischen Wirkungen von bio-basierten Produkten deuten an, dass diese aufgrund der erreichbaren, hohen Ressourceneffizienz Vorteile gegenüber energetischen Verwendungen aufweisen können. Trotzdem spielen stoffliche Biomassepfade in der Praxis eine untergeordnete Rolle. Hauptgrund dafür

sind das noch frühe Entwicklungsstadium von Konversionstechnologien und die fehlende Wettbewerbsfähigkeit gegenüber fossilen Syntheserouten. Die Marktanzreizprogramme zur Förderung bio-basierter Schmier- und Dämmstoffe sind zwischenzeitlich ausgelaufen, weil sie nicht zur gewünschten Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und Etablierung am Markt geführt haben. Ursachen hierfür sind die hoch komplexen Wertschöpfungsketten und die Vielzahl möglicher Endprodukte, die aufgrund ihrer Heterogenität deutlich schwieriger am Markt zu etablieren sind als die Standardprodukte Wärme oder Strom (BMELV 2009). Mit dem öffentlichen Beschaffungswesen besteht ein Förderinstrument für bio-basierte Produkte, das zurzeit jedoch auch nur sehr begrenzt zu einer verstärkten Nachfrage führt. Dies liegt zum einen an administrativen Hürden, die eine Ausrichtung des derzeitigen Beschaffungssystems an ökologischen und sozialen Kriterien erschweren (FNR 2016). Zum anderen ist die Eigenschaft „bio-basiert“ in vielen Fällen nicht ausreichend, um eine Vorzüglichkeit solcher Produkte zu begründen (Peuckert und Quitzow 2016). Bisher steht der Nachweis von positiven ökologischen und sozialen Wirkungen für eine Vielzahl bio-basierter Produkte und die Integration in die Systematik vorhandener Produktlabel noch aus. Außerdem sind die lokalen beziehungsweise regionalen Beschaffungsentscheidungen von nationalen beziehungsweise EU-weiten Fortschritten bei entsprechenden Zertifizierungssystemen und Labeln abhängig.

Die fehlende Wettbewerbsfähigkeit gegenüber fossilen Gütern stellt das Haupthemmnis für den Aufbau der Bioökonomie dar. Diese Situation wird durch Subventionen fossiler Rohstoffnutzung noch verstärkt. Unter dem Stichwort „umweltschädliche Subventionen“ wird insbesondere die Förderung fossiler Energieträger kritisch diskutiert. Erste Maßnahmen, Subventionen in diesem Bereich abzubauen, wurden in Folge der G20-Verpflichtung von Pittsburgh aus dem Jahr 2009 ergriffen. Die bisherige Umsetzung wird jedoch als schleppend erachtet (Köder und Burger 2016). Aufgrund der großen Eingriffstiefe in bereits etablierte Systeme und der Notwendigkeit zur Berücksichtigung nicht intendierter Folgen, handelt es sich beim Abbau von Subventionen um sehr langfristige Prozesse. Es ist davon auszugehen, dass Subventionen, die auf die Realisierung der Bioökonomie hemmend wirken, nicht zügig abgeschafft werden können.

Zahlreich sind die gesetzlichen Regelungen, die gestaltend auf die Bioökonomie wirken. Dazu zählen die Bestimmungen der Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) der EU und das allgemeine Umweltrecht, das Waldrecht und seine Umsetzung auf Länderebene, das Gentechnikrecht sowie die Novel-Food-Verordnung zum Inverkehrbringen neuartiger Lebensmittel. Für die Nutzung landwirtschaftlich und forstwirtschaftlich erzeugter Biomasse im Rahmen der Bioökonomie bestehen damit verschiedene Ansatzpunkte, um

sicherzustellen, dass die Rohstoffproduktion im Einklang mit Mensch und Umwelt stattfindet. Jedoch existieren erhebliche Zweifel an der Tragweite und praktischen Umsetzung der gesetzlichen Bestimmungen. So wird kontrovers diskutiert, inwiefern die derzeitige Ausrichtung der Agrarförderung an Umwelt- und Gemeinwohllleistungen und Grundsätze zur Bewirtschaftung von Wäldern ausreichend sind, um eine umweltverträgliche Produktion zu gewährleisten (Meyer und Priefer 2018, S. 331 ff.).

Die Förderung der Bioökonomie steht aufgrund potentieller, negativer Auswirkungen eines zunehmenden Biomasseanbaus im Konflikt mit dem Naturschutz. Der Großteil der gesetzlichen Rahmenbedingungen fällt in den Geltungsbereich des europäischen und nationalen Rechts. Die Möglichkeiten zur aktiven Förderung einer bio-basierten Wirtschaft auf Landesebene sind begrenzt (Meyer und Priefer 2018, S. 358 ff.). Über Maßnahmen im Bereich der Umweltbestimmungen wie die Ausweisung von Naturschutzgebieten und Programme zur Förderung des ländlichen Raums kann jedoch auch auf die regionale Ausgestaltung der Bioökonomie Einfluss genommen werden. Die direkte Förderung von bioökonomischen Innovationen beschränkt sich eher auf Nischen wie Wissenschaftsförderung, Bildungsinitiativen und öffentliche Beschaffung.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Entwicklung der Bioökonomie von einer ganzen Reihe von Politikfeldern und rechtlichen Rahmenbedingungen bestimmt wird, wobei gleichzeitig Gestaltungskompetenzen von der europäischen bis zur regionalen Ebene reichen. Ansätze der politischen Koordination dieser verschiedenen Felder und Ebenen der Bioökonomie-Governance werden in ihrer Wirksamkeit begrenzt bleiben. Eine kohärente Bioökonomie-Politik in einem umfassenden Sinne kann somit nicht erwartet werden.

5.3.6 Wechselwirkungen und Rückkopplungen

Es bestehen vielfältige Wechselwirkungen in der Bioökonomie, die sich in den kontinuierlich stattfindenden Konkurrenzen der Wirtschaftsakteure um Biomasse, Technologie- und Wertschöpfungspfade sowie Endproduktmärkte ausdrücken (Meyer und Priefer 2018, S. 229 ff.). Die Ausprägungen dieser Konkurrenzbeziehungen entscheiden darüber, in welche Richtung sich bioökonomische Aktivitäten zukünftig entwickeln. Der Aufbau von Wertschöpfungsketten und entstehende Konkurrenzbeziehungen bestimmen wesentlich den Ressourcenbedarf sowie die Wirkungen auf Umweltgüter und damit auch die potentiellen Auswirkungen von Bioökonomie-Entwicklungen (systematischer Überblick zu potentiellen Wirkungen der Bioökonomie in Meyer und Priefer 2018). Einen

Tab. 5.1 Potentielle Konkurrenzbeziehungen in der Bioökonomie

Stufe der Wertschöpfungskette	Stoffliche Nutzung	Energetische Nutzung	Nutzung als Nahrungsmittel
Endprodukt	Fossil/anorganisch basierte Produkte ↔ Bio-basierte Produkte Innovative bio-basierte Produkte ↔ Traditionelle bio-basierte Produkte Bio-basierte Produkte aus Biomasseproduktion ↔ Bio-basierte Produkte aus Kaskadennutzung	Fossile Energiebereitstellung ↔ Bioenergie Bioenergie ↔ Andere regenerative Energien Bio-basierter Strom/Wärme ↔ Biokraftstoffe 1. Generation ↔ Biokraftstoffe 2./3. Generation Reine Biokraftstoffe ↔ Beimischung von Biokraftstoffen	Innovative Lebensmittel ↔ Etablierte Lebensmittel Konventionelle Lebensmittel ↔ Ökologische Lebensmittel Gentechnisch veränderte Lebensmittel ↔ Gentechnik-freie Lebensmittel Regionale Produkte ↔ Lebensmittel ohne Ortsbezug
Konversion	Zucker/Stärke-Bioraffinerie ↔ Lignozellulose Bioraffinerie (↔ Andere Bioraffineriekonzepte) Zentrale ↔ Dezentrale Biomassekonversion Inländische Konversionsstandorte ↔ Internationale Konversionsstandorte Kaskadennutzung ↔	Feste Bioenergeträger: Kleinfeuerungsanlagen ↔ Heizkraftwerke Biogas: Dezentrale Biogasnutzung ↔ Blomethaneinspeisung Biokraftstoffe: 1. Generation ↔ 2./3. Generation Energetische Nutzung biogener Abfälle	Traditionelle Lebensmittelverarbeitung ↔ Moderne Lebensmittelverarbeitung Konventionelle Lebensmittelketten ↔ Ökologische Lebensmittelketten Kurze Lebensmittelketten ↔ Komplexe Lebensmittelketten
Biomasseerzeugung	Landwirtschaftliche Biomasse für stoffliche Nutzung ↔ Forstwirtschaftliche Biomasse für stoffliche Nutzung ↔ Biogene Rest- und Abfallstoffe für stoffliche Nutzung ↔ Inländische Biomasseerzeugung ↔ Biomasseimport Biomasse von Nahrungsmittel-Pflanzen ↔ Biomasse von Nicht-Nahrungsmittel-Pflanzen Anbaubiomasse ↔ Biogene Rest- und Abfallstoffe	Landwirtschaftliche Biomasse für energetische Nutzung ↔ Forstwirtschaftliche Biomasse für energetische Nutzung ↔ Biogene Rest- und Abfallstoffe für energetische Nutzung ↔ Inländische Biomasseerzeugung ↔ Biomasseimport Biomasse von Nahrungsmittel-Pflanzen ↔ Biomasse von Nicht-Nahrungsmittel-Pflanzen Anbaubiomasse ↔ Biogene Rest- und Abfallstoffe	Landwirtschaftliche Biomasse für Nahrungsmittel Konventionelle Landbewirtschaftung ↔ Ökologischer Landbau Massentierhaltung ↔ Bäuerliche Tierhaltung Landwirtschaftliche Produktion für regionale Lebensmittel ↔ Import landwirtschaftlicher Nahrungsmittelrohstoffe und verarbeiteter Nahrungsmittel

Anmerkung: ↔ = Konkurrenzbeziehung innerhalb eines Nutzungsbereichs, ↔↔ = Konkurrenzbeziehung zwischen Nutzungsbereichen
 Quelle: Meyer und Priefer (2018, S. 230)

systematischen Überblick über die potentiellen Konkurrenzbeziehungen auf den Ebenen Endprodukte, Konversion und Biomasseproduktion sowohl innerhalb als auch zwischen energetischer Nutzung, stofflicher Verwendung und Nahrungsmitteln gibt die Tab. 5.1. Zwischen einzelnen Konkurrenzbeziehungen auf den verschiedenen Stufen der Wertschöpfungsketten bestehen kausale Zusammenhänge. Beispielsweise ist die Konkurrenzfähigkeit der bio-basierten Endprodukte unter anderem von der Ausprägung der Konkurrenzen auf der Ebene der Biomasseerzeugung abhängig. Ebenso haben die konkreten Orte, an denen sich Wertschöpfungsketten realisieren, einen erheblichen Einfluss auf die Nutzungskonkurrenz um Flächen sowie auf die Ressourcenbeanspruchung und die Auswirkungen auf Umweltgüter (Meyer und Priefer 2018, S. 229). Diese beiden Aspekte werden in der Tabelle nicht abgebildet.

Auf der Ebene der Endprodukte bestehen Konkurrenzen nur jeweils innerhalb der drei Nutzungsbereiche, da die Konsumententscheidungen der Verbraucher nicht zwischen stofflichen Produkten, Energienachfrage und Nahrungsmitteln stattfinden (Meyer und Priefer 2018, S. 231 ff.). Bio-basierte Endprodukte, ebenso wie die Bioenergie, stehen vor allem in Konkurrenz zu fossilen Produkten. Aber zusätzlich gibt es verschiedene Konkurrenzbeziehungen zwischen verschiedenen innovativen bio-basierten Produkten sowie mit traditionellen bio-basierten Produkten. Die Ausprägung dieser Konkurrenzbeziehungen wird zunächst von den Preisrelationen zwischen fossil und bio-basiert bestimmt, die von den jeweiligen Produktionskosten über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg abhängig sind. Neben der wirtschaftlichen Vorzüglichkeit gibt es weitere wichtige Einflussfaktoren wie staatliche Fördermaßnahmen, Erkennbarkeit von bio-basierten Produkten durch Kennzeichnung beziehungsweise Labels, Verbraucherwahrnehmung der ökologischen Vorteile bio-basierter Produkte und Wertschätzung neuer Produkteigenschaften.

Auf der Ebene der Konversion konkurrieren Bioraffinerien auf der Basis von Lignozellulose mit Zucker/Stärke-Bioraffinerien, also zumindest teilweise etablierten Konversionspfaden ausgehend von landwirtschaftlicher Biomasse, sowie zusätzlich potentiell mit weiteren Bioraffineriekonzepten. Wirtschaftliche Vorteile bestehen, wenn Bioraffinerie-Prozesse in Ergänzung zu einer bestehenden Zucker- beziehungsweise Stärkeproduktion oder einer bestehenden Zellulose- und Papierproduktion etabliert werden. In Abhängigkeit vom Bioraffinerie-Konzept und seinem Entwicklungsstand sind außerdem unterschiedliche Lernkurven und Kostensenkungspotentiale zu erwarten. Neben technisch-ökonomischen Faktoren wirken komplexe Akteursnetzwerke, institutionelle Strukturen und der breitere Kontext auf die Konkurrenzbeziehungen.

Die Erzeugung landwirtschaftlicher Biomasse kann auf eine Nutzung als Nahrungsmittel, eine energetische oder stoffliche Nutzung zielen (Meyer und

Priefer 2018, S. 235 ff.). Bei forstwirtschaftlicher Biomasse ist die Konkurrenz auf energetische und stoffliche Nutzungen begrenzt. Direkte Konkurrenzbeziehungen bestehen immer dann, wenn ein Agrar- oder Forstprodukt über mehr als einen Nutzungspfad verwertet werden kann. Eine indirekte Konkurrenz besteht, wenn ein land- oder forstwirtschaftlicher Rohstoff zwar nur über einen einzigen Nutzungspfad verwertet werden kann, aber mit anderen Nutzungspfaden um Flächen konkurriert. Dies gilt beispielsweise für den Anbau von Lignozellulose-haltigen Pflanzen (z. B. Miscanthus, Kurzumtriebsplantagen), die nicht als Nahrungsmittel genutzt werden können, aber über die Konkurrenz um Flächen mit der Nahrungsmittelerzeugung verknüpft sind. Ein wichtiges Charakteristikum von Flächenkonkurrenzen ist, dass sich diese über verschiedene räumliche Ebenen fortpflanzen und dort jeweils spezifische Wirkungen entfalten können. Ein Anbau für stoffliche oder energetische Nutzungen kann zunächst in den Regionen Konkurrenzen bewirken, in denen er wirtschaftlich ist. Flächenkonkurrenzen auf regionaler Ebene sind relevant im Hinblick auf ihren Einfluss auf regionale Wertschöpfungsketten und ökologische Wirkungen der Landbewirtschaftung vor Ort. Ob die Nahrungsmittelversorgung von derartigen regionalen Verschiebungen beeinträchtigt wird, hängt davon ab, wie weit auf nationaler und internationaler Ebene ein Ausgleich stattfindet. Angesichts offener Märkte können Fernwirkungen in den globalen Landnutzungssystemen (Haberl et al. 2012) auftreten, wenn eine zunehmende Flächennutzung für stoffliche oder energetische Nutzungen durch den Import von Agrarprodukten (Nahrungsmitteln) aus anderen Ländern kompensiert oder sich der Anbau von Energie- und Industriepflanzen in andere Weltregionen verlagert. Diese Fernwirkungen können in entgegengesetzte Richtungen wirken, als Ausgleich regionaler oder nationaler Engpässe oder als Verlagerung und gegebenenfalls Verschärfung von Versorgungsproblemen und negativen ökologischen Effekten (Meyer und Priefer 2015).

Konkurrenzbeziehungen sind nicht statisch, sondern dynamisch, das heißt sie verändern sich über die Zeit. Verschiedene Rückkopplungsmechanismen können Konkurrenzen entgegensteuern und sie damit wieder abmildern. Gleichzeitig können sich die Rahmenbedingungen, die auf Konkurrenzbeziehungen wirken, im Zeitverlauf verändern. Diese Einflüsse können auf verschiedenen räumlichen Ebenen auftreten, von regional bis global, und sowohl zu einer Erhöhung als auch zu einer Einschränkung des Biomasseangebots führen. Sie reichen von wirtschaftlichen Mechanismen über sich ändernde ökologische und gesellschaftliche Bedingungen bis zu politischen Gestaltungsmaßnahmen.

Wichtige Rückkopplungen und Einflussfaktoren, die die Chancen innovativer bioökonomischer Wertschöpfungsketten beeinflussen, sind beim Angebot von Biomasse (Meyer und Priefer 2018, S. 239 f.):

-
- Längerfristige Entwicklung der landwirtschaftlichen Produktivität
 - Kurzfristige Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion
 - Auswirkungen des Klimawandels
 - Klimaschutzpolitik und Maßnahmen zur Reduktion von Klimagasemissionen
 - Klimawandelanpassung in der Land- und Forstwirtschaft
 - Agrarumweltpolitik
 - Waldstrukturveränderung
 - Naturschutzpolitik
 - Mobilisierung von noch nicht erschlossenen Holzreserven (z. B. aus Kleinprivatwald)

Bei der Nachfrage nach Biomasse sind insbesondere von Bedeutung (Meyer und Priefer 2018, S. 241 f.):

- Bevölkerungsentwicklung und steigender Nahrungsmittelbedarf
- Entwicklung der Nahrungsmittelnachfrage
- Entwicklung des Konsums tierischer Lebensmittel in Entwicklungs- und Schwellenländern sowie in Industrieländern
- Reduktion von Lebensmittelverlusten
- Nachfrage nach Holzprodukten und Entwicklung des Holzbaus

Insgesamt ergibt sich ein komplexes Bild von Einflussfaktoren, Wechselwirkungen und Rückkopplungen, die sich insbesondere auf ökonomische Zusammenhänge, Stoffflüsse, Akteurskonstellationen und ökologische Folgen auswirken. Diese Wirkungszusammenhänge sind bisher unzureichend untersucht. Allerdings können wissenschaftliche Untersuchungen in der Regel nur Ausschnitte betrachten und müssen eine Auswahl bei den möglichen Annahmensetzungen treffen, sodass Unsicherheiten über zukünftige Entwicklungen und Wirkungen bestehen bleiben.

5.4 Fazit

Die Analyse der wesentlichen Elemente und Herausforderungen für eine systemische Betrachtung der Bioökonomie hat gezeigt, dass ein solcher Ansatz, wie er in der Bioökonomie-Politik und für die Bioökonomie-Entwicklung gefordert wird, zwar erstrebenswert erscheint, sich jedoch mit fragmentierten Realitäten konfrontiert sieht. Das bedeutet, dass eine über Einzelaspekte hinausgehende, systemische Untersuchung und Gestaltung der Bioökonomie an

Grenzen stößt und schwierig zu realisieren ist. Dies wird in erster Linie bedingt durch den hohen Komplexitätsgrad realer Sachverhalte und der Bioökonomie an sich, zahlreicher systemarer Wechselwirkungen und nicht vorhersehbare Entwicklungen sowie bestehende Pfadabhängigkeiten. Es ist davon auszugehen, dass fragmentierte Realitäten und Politiken auch zukünftig bestehen bleiben.

Dies bedeutet, dass der systemische Ansatz in der Bioökonomie im Bewusstsein der Grenzen und Schwierigkeiten, die mit ihm verbunden sind, weiter verfolgt werden sollte. Aus unserer Sicht ergibt sich angesichts der identifizierten Schwierigkeiten für eine systemische Betrachtung die Notwendigkeit, die Transformation so zu gestalten, dass jederzeit Anpassungen der sich entwickelnden Bioökonomie, zum Beispiel an sich verändernde Rahmenbedingungen, möglich sind. Damit kommt der verbesserten Lern- und Korrekturfähigkeit in der Bioökonomie-Politik und -Gestaltung eine zentrale Bedeutung zu (Meyer und Priefer 2018, S. 382). Es bestehen für die Politik verschiedene Handlungsoptionen, um Lern- und Korrekturfähigkeit in der Bioökonomie zu fördern. Beispiele sind (Meyer und Priefer 2018, S. 383 ff.):

- Breit angelegter, kontinuierlicher Stakeholder-Dialog, um potentielle Konflikte zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Akteuren frühzeitig zu erkennen, unterschiedliche und sich wandelnde Interessen und Werte zu erfassen sowie einen Meinungs austausch zu ermöglichen;
- Ausbalancierung zwischen Pfadfestlegungen einerseits, das heißt einer längerfristig angelegten und verlässlichen Politikfestlegung für die Schaffung von Innovationen und Investitionssicherheit, und Möglichkeiten der Pfadkorrektur andererseits, damit es weder zu unumkehrbaren, unerwünschten Entwicklungen noch zu einer Blockade von zukünftig neu hinzukommenden innovativen technologischen Lösungen oder anderen Innovationen kommt;
- Stärkung einer kontinuierlichen Forschung zu den ökologischen, sozialen und ökonomischen Auswirkungen von Bioökonomie-Innovationen und -Entwicklungen sowie Fortschritte bei der integrierten Nachhaltigkeitsbewertung, um positive als auch negative Wirkungen der Bioökonomie zu erfassen und die systemaren Wechselwirkungen besser zu verstehen;
- Entwicklung und Implementierung eines umfassenden Bioökonomie-Monitorings auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene, um nicht intendierte Folgen der Bioökonomie für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft frühzeitig zu identifizieren und die Wirkungen von Gegenmaßnahmen zu beobachten;
- Aufbau eines dauerhaften Austausches zwischen Akteuren entlang von Wertschöpfungsketten sowie zwischen Wertschöpfungsketten mit wechselseitigen Beziehungen, um gegenseitiges Lernen zu ermöglichen, Synergien zu nutzen

(z. B. im Bereich Rohstoffnutzung) und Mechanismen der Umsteuerung zu etablieren.

Insbesondere für die Erreichung eines nachhaltigen Wandels stellen Lern- und Korrekturfähigkeit wichtige Voraussetzungen dar. Auch wenn es in der Praxis bereits zahlreiche Ansatzpunkte gibt, um solche Strategien zu fördern, ist dieses Feld in der Bioökonomie-Debatte und -Forschung noch weitestgehend unbeleuchtet. So stellt sich zum Beispiel die Frage, welche Konstellationen im sozio-technischen Setting der bio-basierten Wirtschaft relevante Akteure dazu befähigen, die Lern- und Korrekturfähigkeit als wichtige Elemente einer nachhaltigen Bioökonomie zu fördern und langfristig sicherzustellen. Die Betrachtung konnte zeigen, dass Grenzen für die systemische Betrachtung in der Bioökonomie bestehen, die nicht überwindbar sind, mit denen jedoch durch gezielte Maßnahmen ein guter und souveräner Umgang möglich ist. Dies in der Praxis zu realisieren und umzusetzen ist ein noch offener Entwicklungsprozess.

Literatur

- Beneking, A. (2011). Genese und Wandel der deutschen Biokraftstoffpolitik. Eine akteurszentrierte Policy-Analyse der Förderung biogener Kraftstoffe in Deutschland. Fair Fuels? Working Paper 3. Berlin: Institut für ökologische Wirtschaftsforschung.
- Bioökonomierat (2009). Kompetenzen bündeln, Rahmenbedingungen verbessern, internationale Partnerschaften eingehen – Erste Empfehlungen zum Forschungsfeld Bioökonomie in Deutschland. Berlin: Forschungs- und Technologierat Bioökonomie.
- Bioökonomierat (2010). Innovation Bioökonomie. Gutachten des BioÖkonomieRats. Berlin: Forschungs- und Technologierat Bioökonomie.
- Blumenstein, B., Siegmeier, T., & Möller, D. (2016). Economics of anaerobic digestion in organic agriculture: Between system constraints and policy regulations. *Biomass and Bioenergy* 86, 105–119. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.01.015>.
- BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) (2010). Nationale Forschungsstrategie Bioökonomie 2030. Unser Weg zu einer biobasierten Wirtschaft. Berlin.
- BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (2014). Nationale Politikstrategie Bioökonomie. Berlin.
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (2009). Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Berlin.
- Brosowski, A., Thrän, D., Mantau, U., Mahro, B., Erdmann, G., Adler, P., Stinner, W., Reinhold, G., Hering, T., & Blanke, C. (2016). A review of biomass potential and current utilisation - Status quo for 93 biogenic wastes and residues in Germany. *Biomass and Bioenergy* 95, 257–272. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.10.017>.

- Bugge, M. M., Hansen, T., & Klitkou, A. (2016). What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature. *Sustainability* 8, 691.
- Bundesregierung (2012). Roadmap Bioraffinerien im Rahmen der Aktionspläne der Bundesregierung zur stofflichen und energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Berlin: BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz), BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung), BMU (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie).
- DBFZ (Deutsches Biomasseforschungszentrum) (2015). Stromerzeugung aus Biomasse (Vorhaben IIa Biomasse). Leipzig: DBFZ. https://www.dbfz.de/fileadmin/eeg_monitoring/berichte/01_Monitoring_ZB_Mai_2015.pdf. Zugegriffen: 9. Mai 2019.
- EC (European Commission) (2012). Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2012) 60.
- EC (European Commission) (2014). Where Next for the European Bioeconomy? The Latest Thinking from the European Bioeconomy Panel and the Standing Committee on Agricultural Research Strategic Working Group (SCAR). Brussels, Belgium: European Commission.
- EC (European Commission) (2018). A sustainable Bioeconomy for Europe: strengthening the connection between economy, society and the environment. Updated Bioeconomy Strategy. Brussels, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. COM(2018) 673.
- Efken, J., Dirksmeyer, W., Kreins, P., & Knecht, M. (2016). Measuring the importance of the bioeconomy in Germany: Concept and illustration. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 77, 9–17. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.03.008>.
- FNR (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V.) (2016). Nachwachsende Rohstoffe im nachhaltigen Einkauf. Infoblatt. Ausgabe 03/2016. Gülzow: FNR.
- Formas (The Swedish Research Council for Environment, Agricultural Science and Spatial Planning) (2012). Swedish Research and Innovation. Strategy for a Bio-based Economy. Stockholm. http://www.formas.se/PageFiles/5074/Strategy_Biobased_Ekonomy_hela.pdf. Zugegriffen: 9. Mai 2019.
- Haase, M. (2012). Entwicklung eines Energie- und Stoffstrommodells zur ökonomischen und ökologischen Bewertung der Herstellung chemischer Grundstoffe aus Lignocellulose. Dissertation. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing.
- Haberl, H., Erb, K.-H., Lauk, C., & Plutzbar, C. (2012). Menschliche Aneignung von Nettoprimärproduktion in Europa: Schlussfolgerungen für Bioenergiepotentiale. In: German National Academy of Sciences Leopoldina (Hrsg.), *Bioenergy – Chances and limits* (S. 102–118). Halle/Saale: Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina – Nationale Akademie der Wissenschaften.
- Herbes, C., Jirka, E., Braun, J. P., & Pukall, K. (2014). Der gesellschaftliche Diskurs um den „Maisdeckel“ vor und nach der Novelle des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) 2012. *GAIA* 23 (2), 100–108.
- Kaup, F., & Selbmann, K. (2013). The seesaw of Germany's biofuel policy – Tracing the involvement to its current state. *Energy Policy* 62, 513–521.
- Köder, L., & Burger, A. (2016). Umweltschädliche Subventionen. Aktualisierte Ausgabe 2016. Dessau-Roßlau; Umweltbundesamt (UBA).

- Kovacs, B. (Hrsg.). (2015). Sustainable Agriculture, Forestry and Fisheries in the Bio-economy – A Challenge for Europe; 4th SCAR Foresight Exercise. Brussels, Belgium: European Commission. <https://ec.europa.eu/research/scar/pdf/ki-01-15-295-enn.pdf>. Zugegriffen: 9. Mai 2019.
- Landesregierung BW (2013). Eckpunkte für eine Novellierung des EWärmeG nach Kabinettsbeschluss vom 11. Juni 2013. Staatsministerium Baden-Württemberg, Pressestelle der Landesregierung.
- Levidow, L., Birch, K., & Papaioannou, T. (2012a). EU agri-innovation policy: Two contending visions of the bio-economy. *Critical Policy Studies* 6, 40–65.
- Levidow, L., Birch, K., & Papaioannou, T. (2012b). Divergent Paradigms of European Agro-Food Innovation: The Knowledge-Based Bio-Economy (KBBE) as an R&D Agenda. *Science, Technology, & Human Values* 38, 94–125.
- Meyer, R. (2017). Bioeconomy Strategies: Contexts, Visions, Guiding Implementation Principles and Resulting Debates. *Sustainability* 9, 1031. <https://doi.org/10.3390/su9061031>.
- Meyer, R.; & Priefer, C. (2015). Energiepflanzen und Flächenkonkurrenzen: Indizien und Unsicherheiten. *GAIA* 24 (2), 108–118. <https://doi.org/10.14512/gaia.24.2.9>.
- Meyer, R.; & Priefer, C. (2018). Bioökonomie in Baden-Württemberg. Systemanalytische Betrachtungen zu den Zielen, Visionen, Wirkungszusammenhängen und Umsetzungsschritten bezogen auf die drei Nutzungspfade Biogas, Lignozellulose und Mikroalgen. Endbericht Projektergebnisse. Karlsruhe. <http://www.itas.kit.edu/pub/v/2018/mepr18a.pdf>. Zugegriffen: 9. Mai 2019.
- Michels, J. (2014). „Lignocellulose-Bioraffinerie“. Aufschluss lignocellulosehaltiger Rohstoffe und vollständige stoffliche Nutzung der Komponenten (Phase 2). Gemeinsamer Abschlussbericht zu den wissenschaftlich-technischen Ergebnissen aller Teilvorhaben. Frankfurt/M.: DECHEMA e. V. https://www.thuenen.de/media/ti-themenfelder/Nachwachsende_Rohstoffe/Bioraffinerie/Pilotprojekt_Lignocellulose_Bioraffinerie_Schlussbericht.pdf. Zugegriffen: 9. Mai 2019.
- MIWF NRW (Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen) (o. J.). Eckpunkte einer Bioökonomiestrategie für Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf.
- MWK BW (Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Forschung Baden-Württemberg) (2013). Bioökonomie im System aufstellen. Konzept für eine baden-württembergische Forschungsstrategie „Bioökonomie“. Stuttgart. https://mwk.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-mwk/intern/dateien/pdf/Forschung/Konzept_Forschungsstrategie_Biooekonomie.pdf. Zugegriffen: 9. Mai 2019.
- OECD (Organisation of Economic Co-Operation and Development) (2009). The Bio-economy to 2030. Designing a policy agenda. Main findings and policy conclusions. <http://www.oecd.org/futures/long-termtechnologialsocietalchallenges/thebioeconomyto2030designingapolicyagenda.htm>. Zugegriffen: 9. Mai 2019.
- Peuckert, J., & Quitzow, R. (2016). Acceptance of bio-based products in the business-to-business market and public procurement: Expert survey results. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 11, 92–109.
- Philp, J. (2015). Balancing the bioeconomy: Supporting biofuels and bio-based materials in public policy. *Energy & Environmental Science* 8, 3063–3068.

- Priefer, C., Jörissen, J., & Frör, O. (2017). Pathways to Shape the Bioeconomy. *Resources* 6, 10. <https://doi.org/10.3390/resources6010010>.
- Scarlat, N., Dallemand, J.-F., Monforti-Ferrario, F., & Nita, V. (2015). The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy: Policies and facts. *Environmental Development* 15, 3–34.
- Schmid, O., Padel, S., & Levidow, L. (2012). The Bio-Economy Concept and Knowledge Base in a Public Goods and Farmer Perspective. *Bio-based and Applied Economics* 1, 47–63.
- Shortall, O. K., Raman, S., & Millar, K. (2015). Are plants the new oil? Responsible innovation, biorefining and multipurpose agriculture. *Energy Policy* 86, 360–368.
- Sijtsema, S. J., Onwezen, M. C., Reinders, M. J., Hans Dagevos, H., Partanen, A., & Meeusen, M. (2016). Consumer perception of bio-based products – An exploratory study in 5 European countries. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 77, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.03.007>.
- Skarka, J. (2015). Potenziale zur Erzeugung von Biomasse aus Mikroalgen in Europa unter besonderer Berücksichtigung der Flächen und CO₂-Verfügbarkeit. Dissertation an der Fakultät für Chemieingenieurwesen und Verfahrenstechnik des Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Karlsruhe: KIT.
- Spruijt, J., Schipperus, R., Kootstra, M., de Visser, C. L. M., & Parker, B. (2014). *AlgaEconomics: bioeconomic production models of micro-algae and downstream processing to produce bio energy carriers*. Public Output report of the EnAlgae project, Swansea.
- The White House (2012). National Bioeconomy Blueprint. Washington DC. https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/national_bioeconomy_blueprint_april_2012.pdf. Zugegriffen: 9. Mai 2019.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2009). *Welt im Wandel. Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung*. Berlin: WBGU.
- Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlichen Verbraucherschutz beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2018). *Für eine gemeinwohlorientierte Gemeinsame Agrarpolitik der EU nach 2020: Grundsatzfragen und Empfehlungen*. Stellungnahme, April 2018.
- Wissenschaftlicher Beirat für Biodiversität und Genetische Ressourcen beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2018). *Für eine Gemeinsame Agrarpolitik, die konsequent zum Erhalt der biologischen Vielfalt beiträgt*. Stellungnahme, April 2018.

